

## پایداری عملکرد دانه و واکنش به بیماری پوسیدگی ذغالی ژنوتیپ‌های جدید سویا در برخی مناطق شمال کشور

نسرین رزمی<sup>۱\*</sup>، غلامحسین عرب<sup>۲</sup>، ابراهیم هزارجریبی<sup>۳</sup> و سیاوش رعیت پناه<sup>۴</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲)

### چکیده

عملکرد دانه در سویا یک صفت کمی پیچیده بوده و تحت تأثیر عوامل متعدد ژنتیکی و محیطی قرار می‌گیرد. در این پژوهش ۱۳ ژنوتیپ برتر به همراه ارقام شاهد ساری و کتول در سه منطقه اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور (ساری، گرگان و مغان) در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند. مقایسه میانگین عملکرد دانه در طی دو سال و سه منطقه نشان داد که ژنوتیپ G15 بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داد و پس از آن ژنوتیپ‌های G2، G4 و G9 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند بررسی ضریب رگرسیون خطی نشان داد تعداد دانه در مترمربع ( $R^2 = 0.77$ ) و تعداد غلاف در بوته ( $R^2 = 0.66$ ) با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در حالی که همبستگی وزن صد دانه با عملکرد دانه غیر معنی‌دار بود ( $R^2 = 0.02$ ). از نظر درصد آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی، ژنوتیپ‌های G2 و G3 بیشترین درصد آلودگی و ژنوتیپ G4 کمترین درصد آلودگی به بیماری را داشتند. در مجموع آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی در تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی زیر ۱۰ درصد بوده و جزء ژنوتیپ‌های متحمل به این بیماری محسوب می‌شوند. نتایج تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با روش GGE بای پلات نشان داد که دو مؤلفه اول و دوم ۷۰/۶ درصد از تغییرات کل عملکرد دانه را توجیه کردند. بر اساس نمودار کدام در کجا GGE بای پلات ژنوتیپ‌های G4، G15، G12 و G7 در رئوس چند ضلعی قرار داشته و در گروه ژنوتیپ‌های واکنش‌پذیر به محیط و ژنوتیپ‌های G2، G3 و G1 در گروه ژنوتیپ‌های پایدار بودند. ژنوتیپ G4 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های مغان ۱ و مغان ۲، ژنوتیپ G15 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های ساری ۱ و گرگان ۲ و ژنوتیپ G12 بهترین ژنوتیپ در محیط ساری ۲ بودند. در مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل، ژنوتیپ‌های G15، G9، G2 و G1 با داشتن کمترین فاصله از ژنوتیپ ایده‌آل در گروه ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفتند. نمودار بای پلات بررسی هم‌زمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌ها، نشان داد که عملکرد دانه ژنوتیپ G2 نزدیک به میانگین بوده و از پایداری نسبتاً خوبی در تمامی محیط‌های مورد مطالعه برخوردار بود. در این بررسی محیط ساری ۱ (ساری ۱۳۹۳) با قدرت نمایندگی بالا موثرترین محیط از لحاظ توان تمایز بین ژنوتیپ‌ها بوده و محیط گرگان ۲ (گرگان ۱۳۹۴) در رتبه بعدی قرار گرفت. بر اساس تحمل به بیماری پوسیدگی ذغالی، عملکرد دانه و نماهای مختلف بای پلات، ژنوتیپ G2 می‌تواند به‌عنوان یک ژنوتیپ پرمحصول و پایدار، کاندید یک رقم جدید سویا باشد.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در مترمربع، رگرسیون، نمودار GGE بای پلات، همبستگی

۱. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل (پارس آباد مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، پارس آباد، ایران.

۲. محقق، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

۳. استادیار، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.

۴. استادیار، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران.

\* مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: nasrinrazmi@gmail.com

## مقدمه

سویا (*Glycine max* (L) Merrill) ۵۶ درصد از کل تولید دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است (۱۴). تقاضای روزافزون جهانی برای روغن و پروتئین باکیفیت و ارزان، توسعه صنعت بایو دیزل، جانشینی محصولات لبنی دامی توسط تولیدات سویا و نقش کلیدی در صنعت دامپروری و مرغداری باعث شده سطح زیر کشت و تقاضای تولید سویا افزایش یابد (۲۳).

تنوع عملکرد یک ژنوتیپ در محیط‌های مختلف با نام اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GE) شناخته شده است (۲). وجود اثر متقابل معنی‌دار GE برای صفت کمی مانند عملکرد دانه محدودیت‌هایی را در برنامه‌های اصلاحی، فرآیند انتخاب ژنوتیپ‌های برتر و معرفی ارقام جدید و توسعه کشت آنها در مناطق مختلف ایجاد می‌کند (۱۹ و ۲۴). یکی از روش‌های مؤثر در بررسی اثر متقابل ژنوتیپ × محیط روش GGE بای‌پلات (ژنوتیپ + ژنوتیپ × محیط) بوده که در آن اثر ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ × محیط از هم تفکیک نشده و گزینش ارقام پایدار بر اساس هر دو عامل انجام می‌شود (۱۵). پیش‌بینی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های خاص از مزایای روش GGE بای‌پلات می‌باشد. از نمودارهای GGE بای‌پلات به‌طور گسترده‌ای در بررسی پایداری عملکرد محصولات مختلف زراعی استفاده می‌شود (۶، ۱۳ و ۱۶). در بررسی پایداری ۲۵ ژنوتیپ علف باغی در طی پنج سال زراعی در شرایط مطلوب و تنش خشکی با استفاده از نمودارهای GGE بای‌پلات، ژنوتیپ‌های G5، G4، G6 و G14 به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با توان وراثت‌پذیری بالا در تولید علوفه بیشتر و تحمل به تنش خشکی شناسایی شدند (۲۱). سعیدنیا و همکاران (۲۲) در بررسی پایداری ۲۴ ژنوتیپ بومی و خارجی به کارآمدی آنالیز GGE بای‌پلات در گزینش ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا نسبت به مدل AMMI تاکید داشتند. مطالعات متعددی در زمینه استفاده از روش GGE بای‌پلات در بررسی سازگاری و پایداری ژنوتیپ‌های سویا انجام شده است (۵، ۷ و ۱۱). سیلوا و

همکاران (۲۳) پایداری و سازگاری ۲۴ ژنوتیپ سویا را در ۱۸ منطقه برزیل طی دو سال زراعی بررسی کردند. در این تحقیق دو مؤلفه اصلی اول ۷۰ درصد از مجموع مربعات برهم‌کنش ژنوتیپ در محیط را توجیه نموده و لاین‌های ۹، ۵، ۲۳ و ۲۴ را به‌عنوان ژنوتیپ‌هایی با سازگاری و پایداری خوب همراه با میانگین عملکرد بالا معرفی کردند. در ارزیابی پایداری ۹ ژنوتیپ سویا در ۸ منطقه از کشور اندونزی دو ژنوتیپ (G511H/Anj-1-4 و G511H/Anj-1-6) با میانگین عملکرد ۲۶۷۰ و ۲۷۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان ژنوتیپ‌های پرمحصول و سازگار در همه محیط‌های مورد آزمون بودند (۱۰). ادتیلو و آریو (۱) در بررسی سازگاری ۴۳ ژنوتیپ سویای گرمسیری طی سه سال، لاین‌های TGm-107، TGm-1200 و TGm-802 به دلیل دارا بودن کوتاه‌ترین طول بردار در نمودار بای‌پلات به‌عنوان ژنوتیپ‌های سازگار معرفی کردند.

بیماری پوسیدگی ذغالی یکی از بیماری‌های مهم سویا در منطقه اقلیم گرم و معتدل شمال کشور می‌باشد این بیماری توسط قارچ *Macrophomina phaseolina* ایجاد می‌شود (۲۰). این قارچ پلی‌فاژ از طریق خاک و بذر بیش از ۵۰۰ گونه گیاهی مانند ذرت، سورگوم، پنبه، تنباکو و سویا را آلوده می‌کند (۳). پس از مرحله گلدهی، سطح ساقه‌های تحتانی آسیب دیده معمولاً خاکستری روشن یا نقره‌ای بوده، اغلب ساقه‌ها ظاهری شکننده دارند و با خراش اپیدرم میکرو اسکالریتهای سیاه قارچ دیده می‌شوند. در آلودگی‌های شدید گیاه میزبان بر اثر تولید توکسین‌های قارچی و انسداد آوندها توسط اندام‌های قارچی از بین می‌روند (۱۸). به‌دلیل توان بالای ساپروفیتی و خاکزی بودن این قارچ، روش‌های کنترل شیمیایی کارآیی چندانی نداشته و استفاده از ارقام متحمل به بیماری به‌عنوان عملی‌ترین و پایدارترین روش می‌باشد (۴ و ۱۲). در مطالعه ساختار ژنتیکی مقاومت به بیماری پوسیدگی ذغالی بر روی ۴۵۱ ژنوتیپ سویا از گروه‌های رسیدگی ۱، ۲ و ۳ بر وراثت-پذیری بالای مقاومت به این بیماری و استفاده از ژنوتیپ‌های متحمل تاکید شده است (۴). منجیستو و همکاران (۱۲)

کرت آزمایشی برای هر رقم ۴ خط ۵ متری با فاصله خطوط ۵۰ سانتی متری بود. بذور قبل از کاشت با باکتری مخصوص سویا آغشته شده و سپس کاشته شدند برای ارزیابی و اندازه‌گیری صفات از دو خط وسط هر کرت استفاده شد. در مازندران علاوه بر صفات فوق، از واکنش لاین‌ها نسبت به بیماری پوسیدگی ذغالی در مزرعه یادداشت برداری به عمل آمد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.2، SPSS 27.0.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. جهت تعیین پایداری از روش تجزیه GGE بای پلات و نرم افزار Genstat 13.3 استفاده شد.

### نتایج و بحث

با توجه به نرمال بودن داده‌های آزمایش توسط آزمون QQ Plot (شکل ۱)، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها انجام شد. تجزیه واریانس مرکب سه مکان در دو سال نشان داد که اثر ژنوتیپ و مکان برای تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود.

اثر متقابل ژنوتیپ × مکان برای عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین صفات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در سه منطقه مورد آزمایش طی دو سال زراعی در جدول ۳ نشان داده شده است.

بیشترین میزان روز تا گلدهی و روز تا رسیدگی متعلق به ژنوتیپ G2 بود. همچنین ژنوتیپ G17 با ۱۳۹ روز تا رسیدگی زودرس‌ترین ژنوتیپ در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۱۷ سانتی‌متر) در ژنوتیپ G2 و کمترین میزان در ژنوتیپ G14 (۱۰۰ سانتی‌متر) مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپ G3 (۵۳/۳)، تعداد دانه در مترمربع در ژنوتیپ G2 (۳۰۶۶) و وزن صد دانه در G15 (۱۸/۷ گرم) ثبت شد. در نمودار هیت مپ (شکل ۲) میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سه منطقه طی دو سال زراعی نشان داده شده است. در سال زراعی ۱۳۹۳ بیشترین میزان عملکرد دانه

حساسیت ۱۳ ژنوتیپ سویا را به بیماری پوسیدگی ذغالی در دو شرایط مطلوب و تنش خشکی مورد بررسی قرار داده و طی این تحقیق پنج ژنوتیپ نسبتاً مقاوم به بیماری را گزارش کردند. به‌منظور دستیابی به ارقام متحمل به بیماری پوسیدگی ذغالی در استان مازندران، تعداد ۱۲۱ ژنوتیپ سویا طی دو سال مورد مطالعه قرار گرفته و لاین‌های خالص B. P-692، J. K-695 و K. S-69035 با کمترین میزان آلودگی به پوسیدگی ذغالی در گروه متحمل قرار گرفتند (۱۷).

هدف از این پژوهش ارزیابی پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های جدید سویا با استفاده از روش GGE بای پلات و بررسی واکنش این ژنوتیپ‌ها به بیماری پوسیدگی ذغالی در اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور و گزینش بهترین ژنوتیپ به‌عنوان یک رقم جدید زراعی بود.

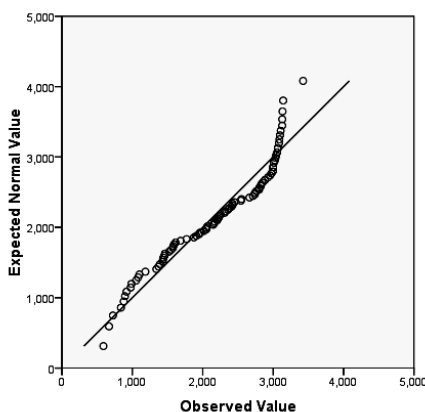
### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی و مقایسه عملکرد لاین‌های خالص سویا از لحاظ عملکرد دانه در سه منطقه از اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور (گرگان، ساری و مغان)، این پروژه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ لاین خالص برتر آزمایش مقایسه مقدماتی سال گذشته و ۲ رقم ساری و کتول (جمعاً ۱۵ لاین و رقم) در سه تکرار، در طی دو سال زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ اجرا شد. اسامی و پدیدگی ژنوتیپ‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است. لاین‌های این پروژه از طریق دورگ‌گیری بین ارقام و انتخاب در نسل‌های در حال تفکیک با روش شجره‌ای و انتخاب تک بوته تا نسل F5 در طی برنامه‌های اصلاحی با هدف افزایش عملکرد دانه، زودرسی و تحمل به بیماری‌ها، از سال ۱۳۸۰ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران اصلاح شده و به خلوص رسیده‌اند. موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی سه منطقه گرگان، ساری و مغان در جدول ۱ آورده شده است. در این بررسی زمین مورد نظر با انجام عملیات کشاورزی لازم، آماده شد. سپس کود مورد نیاز براساس آزمون خاک به زمین اضافه و با خاک مخلوط شد. هر

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی و شرایط اقلیمی در سه منطقه گرگان، ساری و مغان

ایستگاه تحقیقاتی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	میانگین دراز مدت بارندگی (میلی متر)	میانگین دمای کمینه (درجه سانتی گراد)	میانگین دمای بیشینه (درجه سانتی گراد)
گرگان	۲۹	۵۴° ۲۰'	۳۶° ۵۵'	۴۶۸	۹/۵	۲۹/۱
ساری	۹/۹	۵۳° ۱۰'	۳۶° ۴۱'	۶۵۰	۱۰/۱	۳۱/۳
مغان	۳۵	۴۷° ۱۹'	۳۷° ۴۸'	۲۵۰	۳/۲	۳۴/۲

Normal Q-Q Plot of VAR00001



شکل ۱. آزمون توزیع داده ها با QQ Plot نرمال

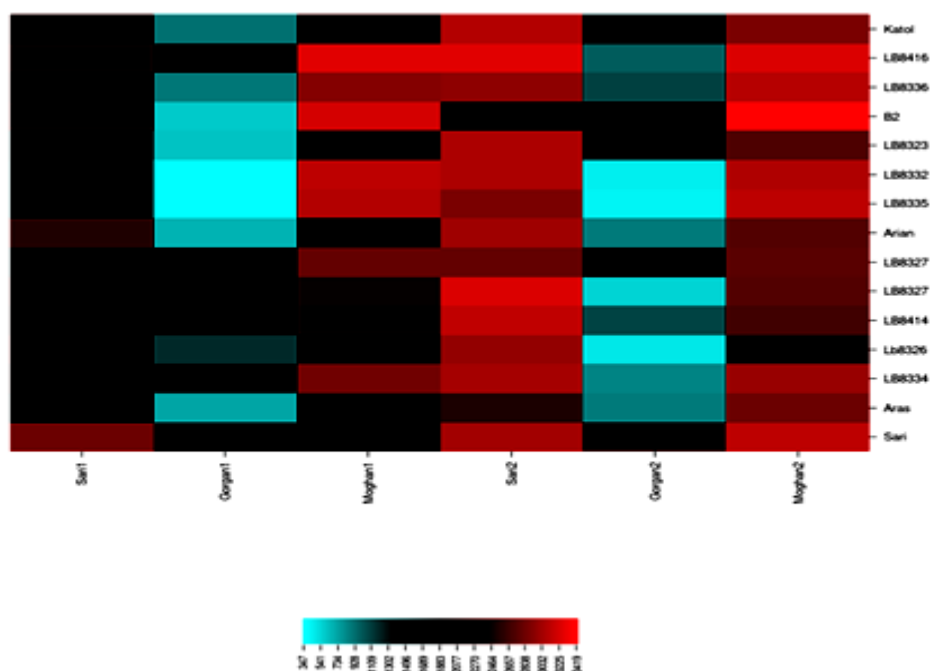
جدول ۲. تجزیه واریانس مرکب صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در مکان‌ها و سال‌های مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	روز تا شروع گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در متر مربع	وزن صد دانه	عملکرد دانه
سال	۱	۴۸۷ <sup>ns</sup>	۱۲۵۶ <sup>ns</sup>	۶۰۷ <sup>ns</sup>	۲۲۵۶ <sup>ns</sup>	۱۱۴۶ <sup>ns</sup>	۴۱/۵ <sup>ns</sup>	۵۱۷۴۱۱ <sup>ns</sup>
مکان	۲	۱۰۸۹*	۱۳۹۸*	۳۱۱۳*	۷۳۳۵**	۴۲۸۱۳۴۱**	۵۸/۶*	۳۸۵۴۱۱۳۷**
سال × مکان	۲	۵۷۱ <sup>ns</sup>	۲۳۱ <sup>ns</sup>	۳۸۵ <sup>ns</sup>	۳۶۷۷*	۲۱۰۰۱*	۷۱/۱*	۱۳۵۴۸۴۸*
تکرار / سال × مکان	۱۲	۲۴۵	۱۰۰۰	۲۵۶	۸۷۴	۵۵۲۵۱	۱۴/۳	۳۳۸۱۷۱۲/۲
ژنوتیپ	۱۴	۴۳۲**	۹۰۵**	۷۱۲**	۱۰۲**	۱۱۸۷**	۱/۹*	۸۸۱۴۵۳**
ژنوتیپ × سال	۱۴	۸۴/۹ <sup>ns</sup>	۳۳۶ <sup>ns</sup>	۱۴۸ <sup>ns</sup>	۵۳۲**	۱۷۹۸۴۲/۱**	۲/۵ <sup>ns</sup>	۳۰۴۳۲۴**
ژنوتیپ × مکان	۲۸	۱۷۸ <sup>ns</sup>	۲۰۱ <sup>ns</sup>	۱۱۱ <sup>ns</sup>	۹۸/۲**	۱۸۰۴۸۶**	۰/۵ <sup>ns</sup>	۲۸۶۲۹۱**
سال × مکان × ژنوتیپ	۲۸	۲۰۸*	۱۱۵ <sup>ns</sup>	۳۴/۷ <sup>ns</sup>	۶۴/۴ <sup>ns</sup>	۴۵۷۸ <sup>ns</sup>	۱/۹ <sup>ns</sup>	۶۳۱۴۱ <sup>ns</sup>
خطا	۱۶۸	۱۱۵	۱۱۰	۹۷/۹	۴۷/۱	۸۶۲۱۱	۱/۱۴	۱۲۲۷۹۹
ضریب تغییرات (درصد)	-	۲۲/۲	۶/۳	۹/۳	۱۸/۱	۱۰/۹	۶/۱	۱۲/۷

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳. شناسه، شجره و میانگین صفات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سه منطقه اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور طی دو سال زراعی

شناسه	ژنوتیپ	شجره	روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در مترمربع	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
G1	Katol	-	۴۷/۰	۱۵۱	۱۱۰	۳۸/۷	۲۷۹۵	۱۷/۰	۲۱۴۵
G2	LB8416	Sari× 2001	۵۶/۳	۱۵۴	۱۱۷	۵۱/۷	۳۰۶۷	۱۸/۴	۲۴۶۱
G3	LB8336	Hamilton× Katol	۵۱/۰	۱۴۹	۱۰۱	۵۳/۳	۲۵۹۳	۱۷/۳	۲۲۰۱
G4	B2	-	۵۴/۰	۱۵۱	۱۱۶	۳۹/۰	۲۸۰۰	۱۸/۰	۲۲۸۸
G5	LB8323	Caspian× Nekador	۴۴/۷	۱۴۴	۱۰۷	۳۷/۰	۲۴۸۳	۱۷/۴	۱۹۵۹
G6	LB8332	Hamilton× Katol	۴۲/۷	۱۴۰	۱۰۳	۳۵/۷	۲۳۷۷	۱۶/۹	۱۹۲۷
G7	LB8325	Caspian× Nekador	۴۲/۰	۱۳۹	۱۰۲	۳۴/۷	۲۲۸۳	۱۶/۸	۱۸۹۱
G8	LB8335	Hamilton× Katol	۴۸/۷	۱۴۲	۱۰۱	۳۸/۳	۲۵۶۳	۱۷/۲	۲۰۰۴
G9	Arian	-	۴۸/۷	۱۴۸	۱۰۶	۳۹/۳	۲۸۶۶	۱۷/۴	۲۲۳۳
G10	LB8327	Caspian× Nekador	۴۴/۰	۱۴۹	۱۰۹	۳۸/۳	۲۸۰۰	۱۷/۴	۲۱۳۶
G11	LB8414	Sari× 2001	۴۵/۳	۱۴۵	۱۰۵	۳۸/۷	۲۷۱۷	۱۷/۴	۲۲۲۱
G12	Lb8326	Caspian× Nekador	۴۹/۰	۱۴۹	۱۰۰	۳۵/۰	۲۵۲۷	۱۷/۳	۱۸۶۹
G13	LB8334	Hamilton× Katol	۵۲/۷	۱۵۱	۱۱۱	۳۹/۳	۲۷۳۳	۱۷/۵	۲۱۹۴
G14	Aras	-	۴۸/۷	۱۴۸	۱۰۲	۳۴/۰	۲۳۳۳	۱۶/۹	۱۸۴۳
G15	Sari	-	۵۳/۳	۱۴۹	۱۱۲	۴۴/۷	۳۲۶۰	۱۸/۷	۲۶۰۸
LSD 0.05			۷/۸۲	۷/۶۲	۶/۹	۵/۰	۲۱۳	۰/۷۷	۲۵۵

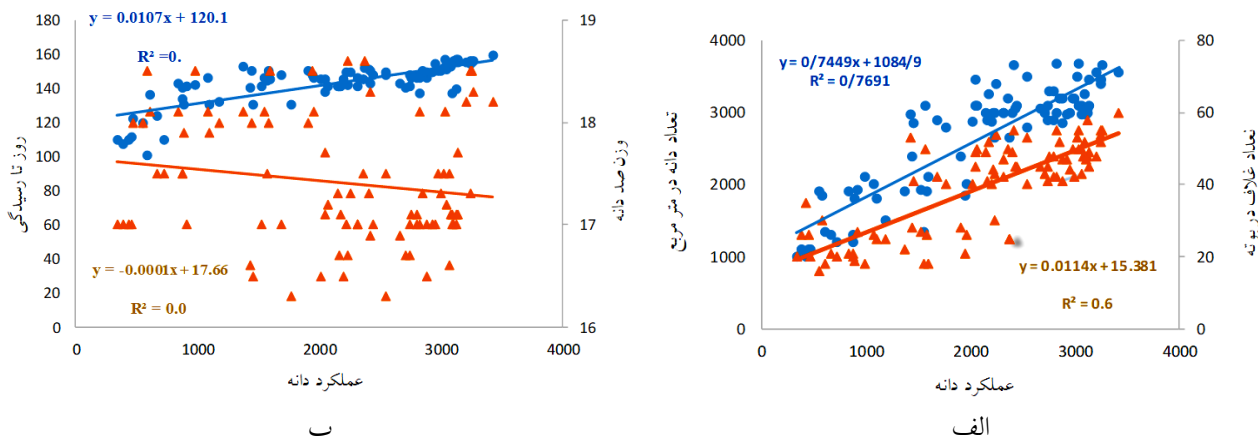


شکل ۲. نمودار هیت مپ عملکرد دانه ژنوتیپ‌های سویا در سه منطقه ساری، گرگان و مغان در طی دو سال زراعی

ساری، گرگان و مغان بالاترین میزان تولید را به خود اختصاص داده و جزء ارقام برتر در این بررسی بودند. ارتباط بین روز تا رسیدگی و اجزای عملکرد مانند تعداد دانه در مترمربع، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه با عملکرد دانه در شکل ۳ نشان داده شده است. عملکرد دانه در سویا توسط دو جزء تعداد دانه و وزن دانه تعیین می‌شود. در این بررسی، ضریب رگرسیون خطی برای تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه ( $R^2 = 0.66$ ) و تعداد دانه در مترمربع با عملکرد دانه ( $R^2 = 0.77$ ) بود. درحالی‌که این ضریب برای وزن صد دانه با عملکرد دانه در مقایسه با تعداد دانه بسیار کمتر بود ( $R^2 = 0.02$ ).

وگل و همکاران (۲۵) همبستگی بین تعداد دانه در مترمربع با عملکرد دانه سویا را ۷۳ درصد گزارش کردند. در این تحقیق همبستگی بین وزن صد دانه با عملکرد حدود ۸ درصد بود. رشد سویا با همپوشانی دو مرحله اصلی فاز رشد رویشی و فاز زایشی توأم بوده و زمان و مدت این مراحل در تعیین عملکرد نهایی بسیار مهم است. در دهه‌های اخیر تلاش اصلاحگران مبنی بر افزایش عملکرد دانه سویا و انتخاب

در منطقه ساری متعلق به ژنوتیپ G15 با ۲۸۲۹ کیلوگرم در هکتار و در منطقه مغان به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های G2 (۳۲۵۶ کیلوگرم در هکتار) و G4 (۳۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) بود. در منطقه گرگان به دلیل عارضه اختلال در غلاف بندی میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها نسبت به دو منطقه دیگر پایین‌تر بوده و ژنوتیپ‌های G11 و G15 به ترتیب بیشترین میزان عملکرد دانه را تولید نمودند. در سال زراعی ۱۳۹۴ در منطقه گرگان ژنوتیپ‌های G15 و G4، در مغان G15 و G2 و در ساری G15 و G2 بیشترین میزان عملکرد را داشتند. مقایسه میانگین عملکرد دانه در دو سال و سه منطقه نشان داد که ژنوتیپ G15 (رقم ساری) با میانگین عملکرد دانه ۲۶۰۸/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان تولید را به خود اختصاص داد و پس از آن ژنوتیپ‌های G2، G4 و G9 به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۲۲۸۸، ۲۴۶۱ و ۲۲۳۲ کیلوگرم در هکتار در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). رزمی و همکاران (۱۸) در بررسی عملکرد دانه لاین‌های جدید سویا در مناطق ساری، گرگان، مغان و دزفول نتیجه گرفتند که ژنوتیپ SOY-95-6 و رقم ساری با متوسط عملکرد ۳۲۱۳ و ۳۲۳۲ کیلوگرم در هکتار در هر سه منطقه‌ی

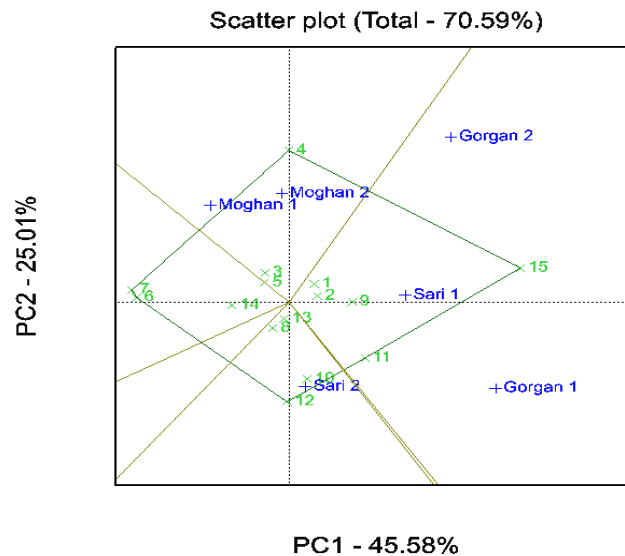


شکل ۳. رگرسیون تعداد دانه در مترمربع و تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه (الف) و روز تا رسیدگی و وزن صد دانه با عملکرد دانه (ب) در ۱۵ ژنوتیپ سویا در سه منطقه گرگان، ساری و مغان در دو سال آزمایش

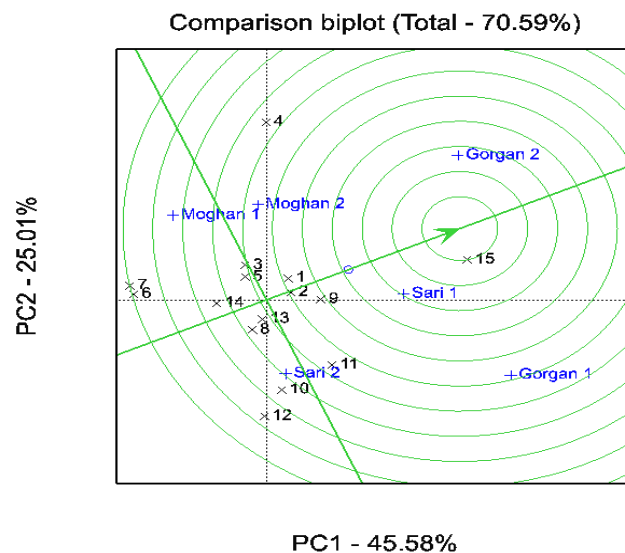
شد که در مناطقی با میانگین عملکرد کمتر از متوسط، وزن هزار دانه مهمترین عامل محدود کننده در افزایش میانگین عملکرد محسوب می‌شد، در صورتی که تعداد غلاف و تعداد دانه در بوته از مهمترین عوامل محدود کننده برای افزایش عملکرد در مناطقی با عملکرد متوسط و بیشتر از متوسط بود (۲۸).

نتایج تجزیه پایداری ژنوتیپ‌ها با روش GGE بای پلات نشان داد که دو مؤلفه PC1 و PC2 در مجموع ۷۰/۵۹ درصد از تغییرات ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط را در ۶ محیط آزمایشی توجیه کردند. مطابق شکل ۴ ژنوتیپ‌های G4، G15، G12 و G7 در رئوس چند ضلعی قرار داشته و دارای بیشترین فاصله از مبدا بای پلات بوده و در گروه ژنوتیپ‌های واکنش‌پذیر به محیط قرار گرفتند. ژنوتیپ G4 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های مغان ۱ و مغان ۲، ژنوتیپ G15 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های ساری ۱ و گرگان ۲ و ژنوتیپ G12 بهترین ژنوتیپ در محیط ساری ۲ بود. ژنوتیپ G7 در هیچ محیطی برتری نشان نداد. همچنین ژنوتیپ‌های G2، G3 و G13 و... که در داخل چند ضلعی قرار گرفتند عملکرد متوسطی در همه محیط‌ها داشته و در گروه ارقام واکنش‌ناپذیر به محیط قرار گرفتند. نمودار بای پالت ژنوتیپ ایده‌آل در شکل ۵ نشان داده شده است. در مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل می‌توان نتیجه گرفت که لاین G15 (رقم ساری) با میانگین عملکرد دانه

ژنوتیپ‌های برتر نه تنها بر پایه عملکرد دانه بلکه بر اساس اجزای عملکرد استوار است. صفات ثانویه مرتبط با عملکرد بر اساس اولویت در تعیین میزان عملکرد دانه به ترتیب شامل تعداد گره در ساقه، تعداد گره‌های غیر زایشی، تعداد گره‌های زایشی و تعداد غلاف در هر بوته است (۳۰). تعداد گره در ساقه در طی دوره رویشی تعیین می‌شود. این گره‌ها منشا تولید غلاف‌ها هستند. بسته به تعداد گره در ساقه، تعداد غلاف در هر گره و تعداد دانه در هر غلاف، تعداد نهایی دانه در هر بوته تعیین می‌شود. طول دوره گلدهی تحت تاثیر فتوپریود بوده و در ارقام مختلف، متفاوت است و هرچه طول این دوره بیشتر باشد تعداد دانه تشکیل شده در بوته بیشتر خواهد بود (۲۶). همچنین وزن صد دانه که یکی از اجزای مهم عملکرد بوده و تحت تاثیر مدت زمان موثر و شرایط محیطی در پر شدن دانه است. وزن گرفتن دانه از مرحله پر شدن آهسته دانه شروع و به دوره سریع پر شدن دانه ختم می‌شود (۲۴). ارقام دانه درشت بذری در واحد سطح دارند در حالی که ارقام دانه ریز تعداد دانه بیشتری در واحد سطح دارند. محدودیت‌های فیزیولوژیکی و شرایط اقلیمی در زمان پر شدن دانه، که اغلب مصادف با کاهش دما و تشعشع خورشیدی است، مانع از جبران کاهش عملکرد دانه سویا ناشی از تعداد دانه کمتر در هر بوته توسط وزن دانه می‌شود (۲۷). در طی یک تحقیق در چهار منطقه سویا کاری در چین، نشان داده



شکل ۴. نمودار GGE بای پلات (کدام در کجا) بر اساس عملکرد دانه ۱۵ ژنوتیپ سویا در سه منطقه ساری، گرگان و مغان طی دو سال آزمایش

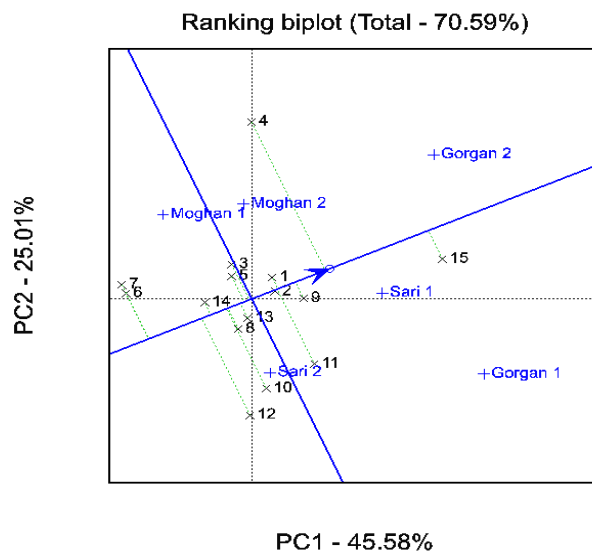


شکل ۵. بای پلات مقایسه عملکرد دانه و پایداری ۱۵ ژنوتیپ سویا در سه منطقه گرگان، ساری و مغان در دو سال آزمایش

محیط فرضی بوده و حداکثر قابلیت تمایز بین ژنوتیپ‌ها را داشته و در مرکز دوایر هم‌مرکز قرار می‌گیرد. از ویژگی‌های بارز محیط ایده‌آل می‌توان به مقدار بالای PC1 (توانایی تشخیص ژنوتیپ برتر) و مقدار پایین PC2 (قابلیت نمایندگی برای کلیه محیط‌ها) اشاره نمود (۸). در این بررسی محیط ساری ۱ (ساری ۱۳۹۳) کمترین فاصله را از محیط ایده‌آل داشته و موثرترین محیط از لحاظ تمایز و نمایندگی می‌باشد و گرگان ۲ (گرگان ۱۳۹۴) در مرتبه بعدی قرار گرفت.

۲۶۰۸ کیلوگرم در هکتار بعد از آن لاین G9 (رقم آراین) با میانگین عملکرد دانه ۲۲۳۲ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه، کمترین فاصله را با ژنوتیپ ایده‌آل داشته و به‌عنوان ژنوتیپ‌های پایدار در نظر گرفته می‌شوند. ژنوتیپ‌های G1 و G2 در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. پایداری وراثت‌پذیری کمتری، نسبت به عملکرد دانه داشته و کارایی آن تنها زمانی است که توام با میانگین عملکرد ژنوتیپ در نظر گرفته شود. بای پلات محیط ایده‌آل نیز در شکل ۵ نشان داده شده است. محیط ایده‌آل





شکل ۶. مقایسه ۱۵ ژنوتیپ سویا بر اساس عملکرد دانه و پایداری در بای پلات مختصات محیط متوسط (AEC) در سه منطقه گرگان، ساری و مغان در دو سال آزمایش

میانگین بود ولی طویل بودن بردار ناپایداری در این رقم مانع توصیه این رقم است. ژنوتیپ‌های G10، G11 و G12 ژنوتیپ‌های ناپایدار بعدی بودند. آدتلو و آریو (۱) در بررسی ۴۳ ژنوتیپ برتر سویا متعلق به مناطق گرمسیر سه ژنوتیپ کوتاهی بردار پایداری در نمودار GGE بای پلات را به عنوان ژنوتیپ‌های پایدار با عملکرد بالا معرفی کردند.

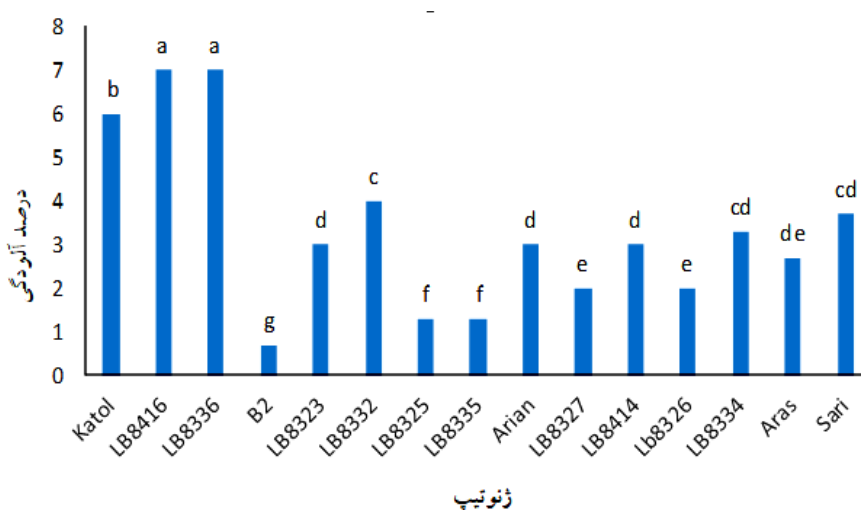
ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این آزمایش در طی دو سال در منطقه ساری از نظر آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی مورد ارزیابی قرار گرفتند. جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بین ژنوتیپ‌ها از نظر درصد آلودگی به این بیماری بودند. در شکل ۷ درصد آلودگی ژنوتیپ‌ها به بیماری پوسیدگی ذغالی نشان داده شده است. بیشترین درصد آلودگی به میزان ۷ درصد در ژنوتیپ‌های G2 و G3 و کمترین در G4 مشاهده شد. از آنجا که شدت آلودگی به بیماری در تمامی ژنوتیپ‌ها زیر ۱۰ درصد بود جزء ژنوتیپ‌های متحمل به این بیماری محسوب می‌شوند. بیماری پوسیدگی ذغالی سویا یکی از بیماری‌های مهم سویا در استان‌های شمالی کشور محسوب می‌شود (۲۴) و بر کمیت

در گزارش ایکلر و همکاران (۹) عملکرد دانه لاین‌ها و ارقام سویا به میزان ۹/۲۳ درصد تحت تاثیر ژنوتیپ، ۴۵/۲۳ درصد تحت تاثیر محیط و ۴۵/۶۲ درصد تحت تاثیر اثر متقابل ژنوتیپ و محیط قرار گرفت. در این بررسی دو مولفه اصلی اول (PCA1 و PCA2) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده و در مجموع ۷۷/۴۱ درصد از کل تغییرات را توجیه کردند. بای پالت بررسی هم‌زمان عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ‌ها در شکل ۶ نشان داده شده است. در این نمودار محور افقی پیکان‌دار که از مبدأ مختصات و میانگین محیطی (دایره کوچک) می‌گذرد، محور مختصات محیط متوسط (AEC) بوده و تصویر ژنوتیپ‌ها روی این محور نشان دهنده عملکرد تقریبی آن‌ها است. اثر متقابل ژنوتیپ در محیط (GEI) توسط محور عمودی نشان داده می‌شود. هر چه اندازه بردار ژنوتیپ روی این محور کوتاه‌تر باشد پایداری آن بیشتر بوده و با افزایش اندازه بردار از پایداری ژنوتیپ کاسته می‌شود (۲۹). بر اساس شکل ۶ بیشترین میزان عملکرد دانه مربوط به G15 (رقم ساری) و کمترین میزان عملکرد دانه متعلق به ژنوتیپ‌های G7 و G6 بود. عملکرد دانه ژنوتیپ G2 نزدیک به میانگین عملکرد بود و از پایداری نسبتاً خوبی برخوردار بود. هرچند عملکرد دانه ژنوتیپ G4 بالاتر از

جدول ۴. تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های سویا از لحاظ آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی در منطقه ساری در طی دو سال زراعی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
سال	۱	۱/۶۲ <sup>ns</sup>
تکرار/سال	۴	۲/۴
ژنوتیپ	۱۴	۱۶/۸ <sup>**</sup>
ژنوتیپ × سال	۱۴	۶/۰۹ <sup>ns</sup>
خطا	۲۸	۴/۵۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۵

ns، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۷. درصد آلودگی به بیماری پوسیدگی ذغالی ژنوتیپ‌های سویا در منطقه ساری در دو سال آزمایش (میانگین دارای حروف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ ندارند).

### نتیجه‌گیری کلی

بررسی روابط بین صفات رویشی و اجزای عملکرد با عملکرد دانه نشان داد که تعداد دانه در مترمربع، تعداد غلاف در بوته و طول دوره رشد به ترتیب بیشترین تاثیر را بر عملکرد دانه داشتند در صورتی که ارتباط ضعیفی بین وزن صد دانه با عملکرد دانه وجود داشت. میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو سال و سه منطقه نشان داد که ژنوتیپ‌های (G15) Sari، (G2) LB8416 و (G4) B2 به ترتیب با میانگین عملکرد دانه ۲۶۰۸، ۲۴۶۰ و ۲۲۸۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان تولید دانه را به خود اختصاص دادند. از نظر درصد آلودگی به بیماری پوسیدگی

و کیفیت دانه سویا تاثیر دارد. بلالویی و همکاران (۳) در بررسی ۱۳ ژنوتیپ (متحل، نیمه متحمل و حساس) نشان داد که افزایش در پروتئین و اسید اولئیک و کاهش اسید لینولنیک ممکن است یک مکانیسم فیزیولوژیکی احتمالی در مقابله با بیماری پوسیدگی ذغالی باشد. محدودیت استفاده از سموم شیمیایی در ضد عفونی بذر به علت استفاده از باکتری ریزوبیوم و عدم کارایی قارچکش‌های رایج، باعث شده است که روش‌هایی مانند استفاده از ارقام متحمل به همراه سایر روش‌های زراعی در کنترل بیماری، از اهمیت فراوانی برخوردار باشد (۲۰).

نزدیک به میانگین عملکرد بوده و از پایداری نسبتاً خوبی برخوردار بود. هرچند عملکرد دانه ژنوتیپ G4 بالاتر از میانگین بود ولی طولی بودن بردار ناپایداری در این رقم مانع توصیه این رقم شد. بر اساس تحمل به بیماری پوسیدگی ذغالی، میانگین عملکرد و نماهای مختلف بایبلات، ژنوتیپ LB8416 (G2) از نظر عملکرد دانه و پایداری ژنوتیپ برتر بوده و می‌تواند مراحل بعدی نام‌گذاری و آزادسازی به‌عنوان یک رقم جدید سویا برای شرایط گرم و مرطوب شمال کشور باشد.

### سپاسگزاری

مقاله حاضر از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی تحت عنوان "ارزیابی عملکرد نهایی لاین‌های خالص سویا در اقلیم گرم و مرطوب شمال کشور" با شماره مصوب ۰۳-۶۰-۰۳-۹۳۳۶۰ استخراج شده است. نویسندگان از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به خاطر فراهم نمودن، شرایط اجرای این تحقیق صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایند.

ذغالی ژنوتیپ B2 (G4) کمترین درصد بوته‌های آلوده را داشت. در مجموع درصد بوته‌های آلوده در تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی زیر ۱۰ درصد بوده و جزء ژنوتیپ‌های متحمل به این بیماری محسوب می‌شوند. نمودار کدام در کجا GGE بای بلات نشان داد که ژنوتیپ‌های G4، G15، G12 و G7 در رئوس چند ضلعی قرار داشته و در گروه ژنوتیپ‌های واکنش پذیر به محیط قرار گرفتند. ژنوتیپ G4 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های مغان ۱ و مغان ۲، ژنوتیپ G15 بهترین ژنوتیپ در محیط‌های ساری ۱ و گرگان ۲ و ژنوتیپ G12 بهترین ژنوتیپ در محیط ساری ۲ بود. ژنوتیپ‌های G2، G3 و G13 و... که در داخل چند ضلعی قرار گرفتند در گروه ارقام واکنش ناپذیر به محیط بودند. در مقایسه ژنوتیپ‌های مورد بررسی با ژنوتیپ ایده‌آل می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های G15، G9، G2 و G1 کمترین فاصله را با ژنوتیپ ایده‌آل داشته و در گروه ژنوتیپ‌های پایدار قرار گرفتند. همچنین محیط ساری ۱ کمترین فاصله را از محیط ایده‌آل داشته و موثرترین محیط از لحاظ تمایز و نمایندگی می‌باشد و گرگان ۲ در مرتبه بعدی قرار گرفت. بر اساس مختصات محیط متوسط (AEC) عملکرد دانه ژنوتیپ G2

### منابع مورد استفاده

- Adetiloye, I. S. and O. J. Ariyo. 2020. Studies on genotype by environment interaction (GEI) and stability performances of 43 accessions of tropical soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Tropical Agricultural Science* 43 (3): 239-255.
- Alam, T., P. Suryanto, A. Nurmalasari and B. Kurniasih. 2019. GGE-Biplot analysis for the suitability of soybean varieties in an agroforestry system based on kayu putih (*Melaleuca cajuputi*) stands. *Journal of Sustainable Agriculture* 34(2): 213-222.
- Bellaloui, N., A. Mengistu, J. R. Smith, H. K. Abbas, C. Accinelli and W. T. Shier. 2021. Effects of charcoal rot on soybean seed composition in soybean genotypes that differ in charcoal rot resistance under irrigated and non-irrigated conditions. *Plants* 10: 1801.
- Coser, S. M., R. V. Chowda Reddy, J. Zhang, D. S. Mueller, A. Mengistu, K. A. Wise, T. W. Allen, A. Singh and A. K. Singh. 2017. Genetic architecture of charcoal rot (*Macrophomina phaseolina*) resistance in soybean revealed using a diverse panel. *Frontiers in Plant Science* 8: 1626.
- Dallo, S. C., A. D. Zdziarski, L. G. Woyann, A. S. Milioli, R. Zanella, J. Conte and G. Benin. 2019. Across year and year-by-year GGE biplot analysis to evaluate Soybean performance and stability in multi-environment trials. *Euphytica* 215: 113 (g7).
- Dehghani, M. R., M. M. Majidi, G. Saeidi, A. Mirlohi, R. Amiri and B. Sorkhilalehloo. 2015. Application of GGE biplot to analyse stability of Iranian tall fescue (*Lolium arundinaceum*) genotypes. *Crop and Pasture Science* 66: 963-972.
- Gonçalves, G., M. C. Gomes, R. L. F. Lopes and P. F. M. Vieira. 2020. Adaptability and yield stability of soybean genotypes by REML/BLUP and GGE Biplot. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 20(2): e282920217.

8. Happ, M. M., G. L. Graef, H. Wang, R. Howard, L. Posadas and D. L. Hyten. 2021. Comparing a mixed model approach to traditional stability estimators for mapping genotype by environment interactions and yield stability in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] *Frontiers in Plant Science* 12: 630175
9. Ilker, E., M. Kocaturk, A. Kadiroglu, A. Yildirim, G. Ozturk, H. Yildiz, I. Koken. 2018. Adaptation abilities and quality parameters of selected soybean lines under double cropping in the Mediterranean Region. *Turkish Journal of Field Crops* 23(1): 49-55.
10. Krisnawati, A. and M. M. Adie. 2017. Yield stability of soybean promising lines across environments. *International Symposium on Food and Agro-biodiversity* 102: 012044.
11. Mehmet Kocaturk, M., P. Cubukcu, A. T. Goksoy, M. Sincik, E. Ilker, A. Kadiroglu, Y. Vurarak, Y. Sahin, M. Karakus and U. A. Yildirim. 2019. GGE Biplot analysis of genotype  $\times$  environment interaction in soybean grown as a second crop. *Turkish Journal of Field Crops* 24(2): 145-154.
12. Mengistu, A., J. D. Ray, J. R. Smith, P. R. Arelli, N. Bellaloui, P. Chenc, G. Shannonc and D. Boykin. 2018. Effect of charcoal rot on selected putative drought tolerant soybean genotypes and yield. *Crop Protection* 105: 90-101.
13. Mndolwa, E., S. Msolla, T. Porch and P. Miklas. 2019. GGE biplot analysis of yield stability for Andean dry bean accessions grown under different abiotic stress regimes in Tanzania. *African Crop Science Journal* 27: 413-425.
14. Mwiinga, B., J. Sibiya, A. Kondwakwenda, C. Musvosvi and G. Chigeza. 2020. Genotype  $\times$  environment interaction analysis of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) grain yield across production environments in Southern Africa. *Field Crops Research* 256 : 107922.
15. Olanrewaju, O. S., O. Oyatomi, O. O. Babalola and M. Abberton. 2021. GGE Biplot analysis of genotype  $\times$  environment interaction and yield stability in bambara groundnut. *Agronomy* 11: 1839.
16. Piepho, H. P., M. F. Nazir, M. Qamar, A. U. R. Rattu, R. U. Din, M. Hussain, G. Ahmad and F. E. Subhan. 2016. Stability analysis for a countrywide series of wheat trials in Pakistan. *Crop Science* 56: 2465-2475.
17. Rayatpanah, S., V. Alavi and G. Arab. 2007. Reaction of some soybean advanced lines to charcoal rot disease. *Seed and Plant Journal* 23(2): 181-189.
18. Razmi, N., V. Rameeh, E. Hezarjeribi and A. Kalantar Ahmadi. 2021. Investigation of grain yield, number of pods and plant height of new soybean lines in Sari, Gorgan, Moghan and Dezful regions. *Journal of Crop Breeding* 12(36): 21-29.
19. Rincent, R., E. Kuhn, H. Monod, F. X. Oury, M. Rousset, V. Allard and J. Gouis. 2017. Optimization of multi-environment trials for genomic selection based on crop models. *Theoretical and Applied Genetics* 130(8): 1735-1752.
20. Romero Luna, M. P., D. Mueller, A. Mengistu, A. K. Singh, G. L. Hartman and K. A. Wise. 2017. Advancing our understanding of charcoal rot in soybeans. *Journal of Integrated Pest Management* 8(1): 1-8.
21. Saeidnia, F., M. M. Majidi, A. F. Mirlohi, M. R. Dehghani and B. Hosseini. 2021. Yield stability of contrasting orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.) genotypes over the years and water regimes. *Euphytica* 217: 136.
22. Saeidnia, F., M. M. Majidi, M. R. Dehghani, G. Saeidi and A. Mirlohi. 2022. Drought tolerance and stability of native Iranian and foreign tall fescue genotypes: Comparison of AMMI and GGE biplot analyses. *Agronomy Journal* 114(4): 2180-2185.
23. Silva, K. E. F., J. C. DoVale, R. Fritsche-Neto and J. N. Marques. 2021. GGE biplot projection in adaptability and stability inference of soybean in an agricultural center Paraná, Brazil. *Revista Ciência Agrônômica* 52(1): e20207131.
24. Vasebi, Y., A. Alizadeh and N. Safaie. 2012. Biological control of soybean charcoal rot caused by *Macrophomina Phaseolina* using *Trichoderma harzianum*. *Journal of Agricultural Science* 22 (1): 41-54.
25. Vogel, J. T., W. Liu, P. Olhoft, S. J. Crafts-Brandner, J. C. Penneycooke and N. Christiansen. 2021. Soybean yield formation physiology – A foundation for precision breeding based improvement. *Frontiers in Plant Science* 12: 719706.
26. Wei, M. C. F. and J. P. Molin. 2020. Soybean yield estimation and its components: A linear regression approach. *Agriculture* 10: 348.
27. Whaley, R. and M. Eskandari. 2019. Genotypic main effect and genotype-by-environment interaction effect on seed protein concentration and yield in food-grade soybeans (*Glycine max* (L.) Merrill). *Euphytica* 215: 33-45.
28. Xu, C., Y. He, S. Sun, W. Song, T. Wu, T. Han and C. Wu. 2020. Analysis of soybean yield formation differences across different production regions in China. *Agronomy Journal* 112: 4195-4206.
29. Yan, W. and J. Frégeau-Reid. 2018. Genotype by yield  $\times$  trait (GYT) Biplot: a novel approach for genotype selection based on multiple traits. *Scientific Reports* 8: 1-10.
30. Yoosefzadeh-Najafabadi, M., I. Rajcan, and M. Eskandari. 2022. Optimizing genomic selection in soybean: An important improvement in agricultural genomics. *Heliyon* 8: e11873.

## Stability of Seed Yield and Reaction to Charcoal Rot Disease of New Soybean Genotypes in Some Northern Regions of Iran

N. Razmi<sup>1\*</sup>, GH. Arab<sup>2</sup>, E. Hezarjaribi<sup>3</sup> and S. Rayat Panah<sup>4</sup>

(Received: December 26-2022; Accepted: September 03-2023)

### Abstract

Seed yield in soybean is a complex trait and is influenced by multiple genetic and environmental factors. In this research, 13 cultivars and advanced genotypes with two control cultivars (Sari and Katul) were cultivated in three warm and humid regions of the north of Iran, including Gorgan, Sari and Mughan, during the two cropping years of 2013 and 2014 in a randomized complete block design with three replications. Mean comparison in different years and locations showed that G15 genotype had the highest seed yield, followed by G2, G4 and G9 genotypes. Correlation coefficients showed that the number of seeds per m<sup>2</sup> ( $R^2 = 0.77$ ) and the number of pods per plant ( $R^2 = 0.66$ ) had a positive and significant correlation with seed yield, while the correlation between 100 seed weight and seed yield was insignificant ( $R^2=0.02$ ). G2 and G3 genotypes had the highest percentage of charcoal rot and G4 genotype showed the lowest percentage of infection. Regarding the percentage of infection with charcoal rot disease, all the investigated genotypes are below 10% and are considered tolerant genotypes for this disease. GGE biplot analysis indicated that the first and second principal components explained 70.6% of total yield variation. According to which-won-where pattern of GGE biplot, G4, G15, G12 and G7 genotypes had the longest distance from the origin of the biplot and were placed in the group of reactive genotypes to the environment and G2, G3 and G1 genotypes were classified as stable group. Genotype G4 performed well in Mughan1 and Mughan2 whereas, G15 genotype showed the best performance in Sari1 and Gorgan2, and G12 genotype was the best genotype in Sari2 environments. According to the genotypes comparison with ideal genotype, G15, G9, G2 and G1 genotypes had the shortest distance from the ideal genotype and were, hence, included in the group of stable genotypes. The simultaneous GGE biplot of seed yield and stability displayed graphically that G2 genotype had superior performance and broad adaptation to the diverse environments. Sari1(Sari 2013) was the most discriminating and representative environment and is classified as the superior environment and Gorgan 2 (Gorgan 2014) was ranked second. Based on tolerance to charcoal rot disease, average seed yield, as well as different GGE biplot graphs, G2 genotype incorporated both high mean yield and yield stability and can be released as a new soybean variety.

**Keywords:** Correlation, GGE biplot, Number of grains per m<sup>2</sup>, Regression

1. Assistant Professor, Department of Field and Horticultural Crops Sciences Research, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Parsabad, Iran.
  2. Researcher, Department of Field and Horticultural Crops Sciences Research, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.
  3. Assistant Professor, Department of Field and Horticultural Crops Sciences Research, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.
  4. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran.
- \*: Corresponding Author, Email: nasrinrazmi@gmail.com